

ビデオカメラの画振れ防止技術の開発

IMAGE STABILIZING TECHNOLOGY FOR VIDEO CAMERA

稲治利夫 藤岡総一郎 林 孝行 梶野二郎

TOSHIO INAJI SOICHIRO FUJIOKA TAKAYUKI HAYASHI JIRO KAJINO

松下電器産業株式会社 無線研究所

MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO.LTD WIRELESS RESEARCH LAB.

1. まえがき

近年、ビデオカメラ等の撮影装置においては、小型・軽量化および撮影の自動化が進められている。しかし、カメラの小型・軽量化が進んだ結果、撮影画像の揺れ「画振れ」が大きくなり問題となっている。特に高倍率ズーム時の画振れは、再生した時に視聴者に目の回るような疲労感を与えている。従来から放送用、業務用の大型ビデオカメラの画振れ防止手段としては、空中撮影やマラソン中継用にビデオカメラを置くための防振雲台が使用されてきた。しかしながら、この種の装置は、ばねやダンパーを使用した機械式であったり、カメラ支持系の慣性モーメントを増加させて振動に対して安定化を図る方式であったり、サーボモータを使用して雲台の防振を行なう方式であるために、どうしても装置が大型で高価にならざるを得ず、小型ビデオカメラへは適用できなかった。

現在、小型ビデオカメラは、オートアイリス、オートフォーカス、オートホワイトバランス等自動化がかなり進んでおり、残された課題である画振れを自動的に安定化させる画振れ防止技術の開発が強く要望されている。

今回、カメラの揺れを検出する角速度センサと、光学系を含む撮像ユニットを自在に動けるように支持する機構と、撮像ユニットを駆動するアクチュエータと、制御回路とで構成したビ

デオカメラを試作し、画振れ防止技術を開発した。ここでは今回試作した画振れ防止機能付ビデオカメラの構成や性能等について、その概要を報告する。

2. カメラの受ける振動

2.1 画振れ成分

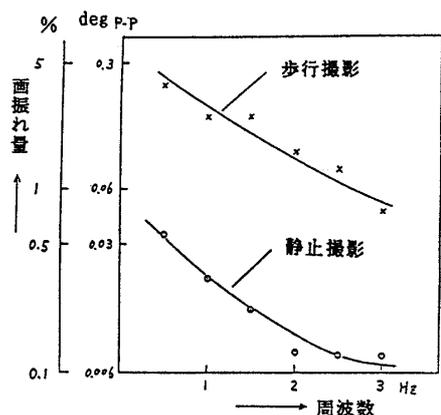
撮影時におけるビデオカメラの動きを分析した。方法としては、ビデオカメラ（ハンドグリップタイプ）に回転型ジャイロを取り付け、カメラの動きを測定した。手振れの周波数分布は、ピッチング方向がDCから約20Hzまで、ヨーイング方向がDCから約10Hzまでに分布している。特に、歩行撮影時には、ピッチング方向が1~2Hzの成分、ヨーイング方向が0.5~1Hzの成分が支配的であった。

第1図および第2図は、それぞれピッチング方向、ヨーイング方向の各周波数における平均的な画振れ量を示したものである。ただし、画振れ量をパーセント表示したものは、6倍ズーム時の値である。

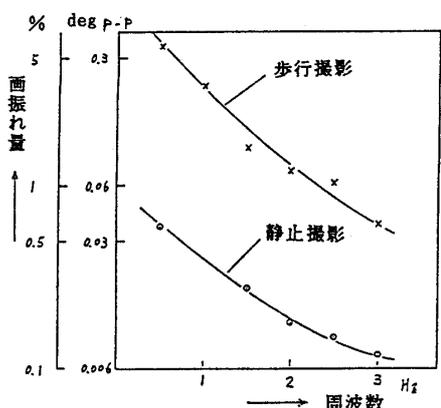
2.2 画振れの主観評価

画振れ防止の性能仕様を決定するために、テレビ画面に現われる画振れの感じ方を測定し、許容限、検知限を調べた。画面を見ていて画振れが我慢できる限度を許容限とした。人間の感覚を測定しているのでデータにばらつきがある

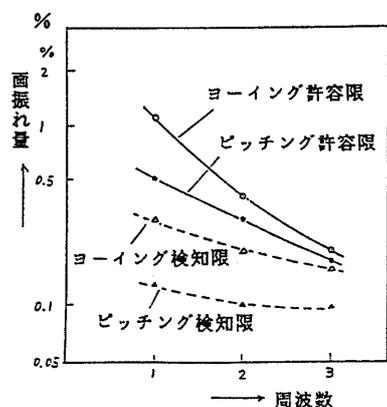
が、平均化すると第3図のようになる。第3図より以下のことが分かる。(1) 周波数が高くなるにつれて許容画振れ量は小さくなる。(2) 縦揺れと横揺れとを比較した場合、縦揺れの方が目につきやすい。(3) ピッチング方向の許容限とヨーイング方向の許容限を比較すると、ピッチング方向の許容限の方が厳しい値となっている。



第1図 ピッチング方向の画振れ



第2図 ヨーイング方向の画振れ



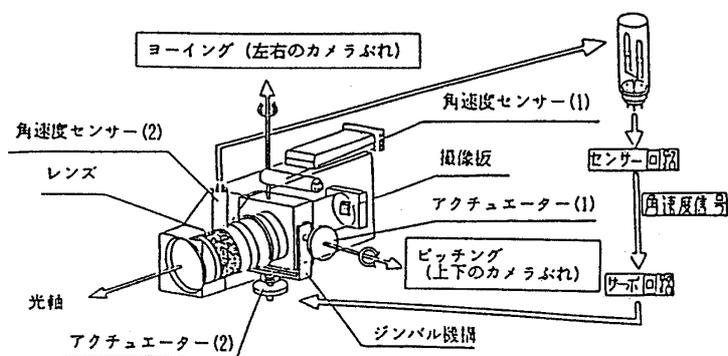
第3図 画振れの主観評価

画振れ防止の性能仕様としては、歩行撮影時の画振れを許容限に抑制することを目標とした。第2図および第3図の測定結果より、画振れ抑制率は-15 dB以下(at 1 Hz)と決定した。

3. 画振れ防止技術の動作原理

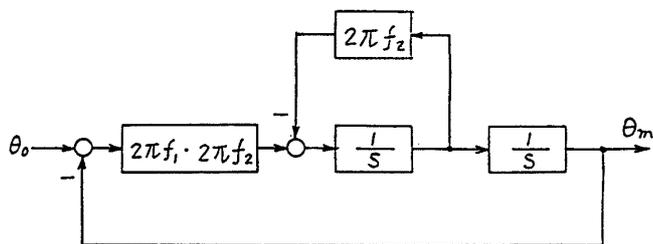
3.1 構成

画振れ防止機能付カメラの構成を第4図に示す。撮像ユニット(CCD)を含むレンズ鏡胴は、ジンバル機構によりピッチング方向とヨーイング方向に回動自在に支持されている。そして、鏡胴を各々の回動方向に駆動するためにコイルとマグネットより構成された平面对向型アクチュエータ(1)、(2)が各々の回動軸に設けられ、鏡胴がアクチュエータ(1)、(2)により直接駆動される。鏡胴には2つの角速度センサ(1)、(2)が取り付けられ、鏡胴の各々の回動方向の揺れ(画振れ量)を検出する。また、鏡胴とカメラ本体の相対位置を検出するためにホール素子がそれぞれ、アクチュエータ(1)、(2)のマグネットに対向している。これらのセンサで検出された信号をサーボ回路に入力してアクチュエータ(1)、(2)への電力供給を制御することにより鏡胴を空間に対して静止させ、揺れの少ない安定した画像を撮影できるようにしている。また、本方式では、鏡胴を空間に対して静止させる制御を行なうため、位置エネルギーの変化は少なく、使用するアクチュエータは小型のものでよく、消費電力も少なくて済む。

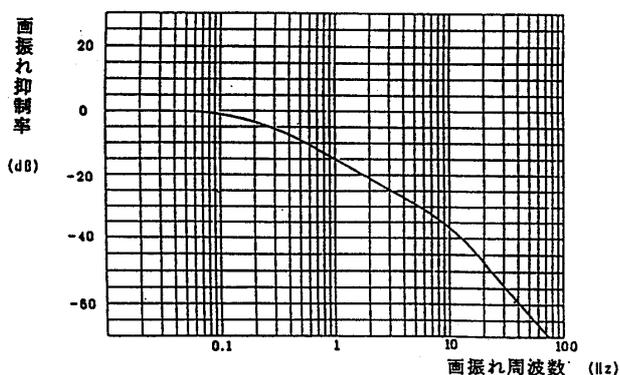


第4図 画振れ防止技術の動作原理

周波数が大きくなるほど、抑制効果が大となる
ことが分かる。



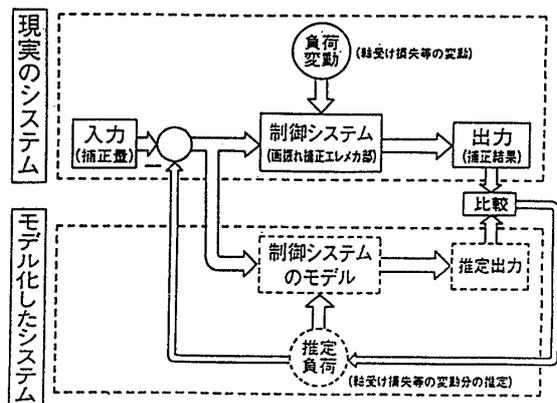
第7図 画振れ抑制モード



第8図 画振れ抑制の周波数特性

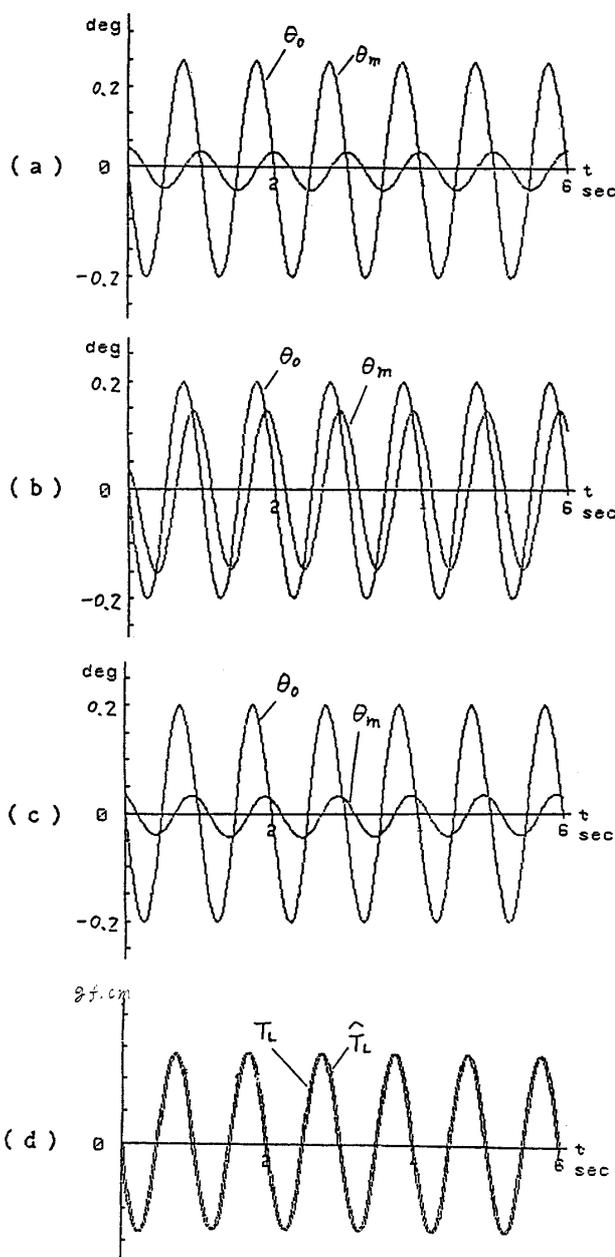
ところが、実際には鏡胴を支持するジンバル機構の軸受け摩擦の非線形成分や鏡胴上の撮像ユニットから引き出される数10本の線材によるバネ成分の影響により期待通りの性能を得ることができない。そこで、現代制御理論の重要な成果であるオブザーバを応用して鏡胴に加わる負荷外乱を推定し、制御系にフィードフォワードすることにより負荷外乱の影響をキャンセルするようにした。

第9図にオブザーバ制御の原理を示し、第10図にシミュレーション結果を示す。



第9図 オブザーバ制御の原理

第10図において、(a) は鏡胴に加わる負荷外乱が存在しないとき、(b) は負荷としてバネ成分が存在したときのカメラ本体と鏡胴の動きを示したものである。(a) では抑制率が -15dB であったのが、(b) では -3dB まで抑制効果が低下している。(c) はオブザーバ制御を用いて負荷外乱の補正を施した場合で、(b) と同じ負荷外乱が存在しても抑制率 -15dB の性能を確保している。(d) は鏡胴に加わる負荷外乱 T_L とオブザーバにより演算された推定負荷 \hat{T}_L を示す。



第10図 シミュレーション結果

4.2 パン・チルトモード

画振れ抑制モードのまま、パンニングまたはチルティング操作を行なった場合には、(1)画面の構図を決定しにくい。(2)操作終了時に画面が流れてしまう。という問題が発生し、撮影者の意図的な撮影視野の移動が困難になる。それを解決するために、パンニングまたはチルティング操作時には、鏡胴とカメラ本体の中心軸が一致した状態で鏡胴とカメラ本体とが同一の角速度となるように制御する。しかも画振れ抑制モードからパン・チルトモードへの移行時には鏡胴の角速度が徐々に増加するようなスムーズ制御を行ない、撮影中の画面を見ていて違和感の発生しないように配慮した。

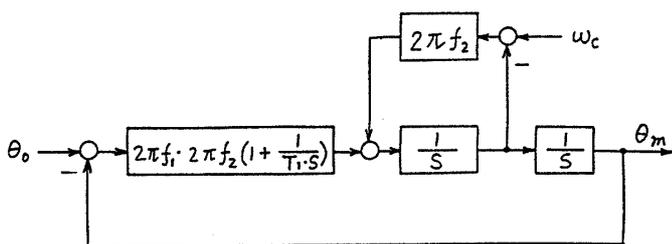
第11図にパン・チルトモードの制御ブロック線図を示す。第11図において、 $1/T_I \cdot S$ は定常偏差を零にするために位置制御系に追加された積分要素である。 ω_c は鏡胴の角速度指令で以下のように与える。

$$\omega_c = \frac{\theta}{T_P} \quad (3)$$

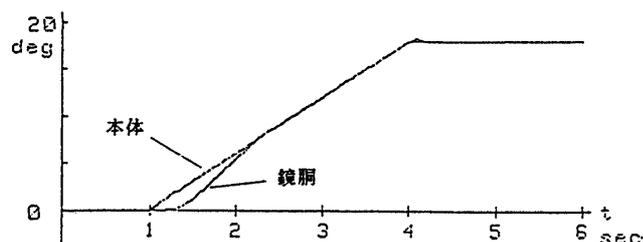
ただし、 θ : 鏡胴と本体の相対角度

T_P : 時定数

第12図はパンニング操作 (角速度6deg/sec) 時の本体と鏡胴の動きを示したものである。



第11図 パン・チルトモード

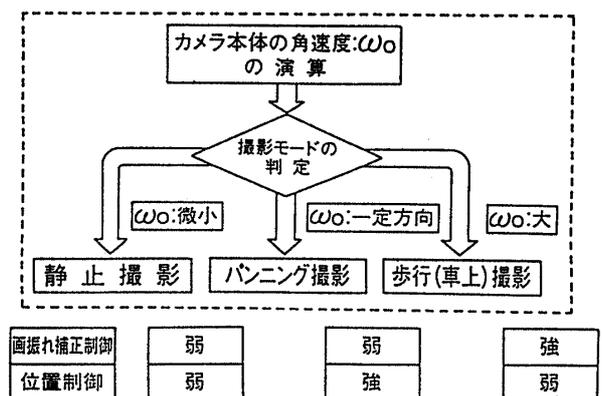


第12図 パンニング操作時の鏡胴の動き

4.3 撮影モードの判別

手振れや振動によるカメラの揺れと、撮影者の意図的なカメラ移動との判別は難しく、単に画振れ防止能力を高めると、撮影者の意図的な撮影視野の移動がしにくくなるという一性能と操作性の相反性がある。この問題を解決するために撮影状態をマイコンにより自動的に判別し、それぞれに適した制御モードを選択する機能を付加した。これにより、パンニングやチルティング時でも滑らかなカメラワークで撮影できるようにしている。第13図は撮影モードの判定プログラムを示すものである。撮影者の動作を表わしているものとして、カメラ本体の角速度 ω 。(大きさ、継続時間)を検出し、本体角速度 ω 。の状況から撮影者が静止撮影、歩行撮影、パンニング、チルティング動作のどの状態にあるかを判断し、最適な制御モードを選択する。なお本体角速度 ω 。の検出は、新たに角速度センサを本体側に取り付けるのではなく、鏡胴に既に搭載されている角速度センサと本体に対する鏡胴の相対位置 θ を示す位置センサから本体角速度 ω 。を(4)式より演算して求めている。

$$\omega_o = \omega_m + \frac{d\theta}{dt} \quad (4)$$



第13図 撮影モードの判定プログラム

5. 試作カメラの仕様・性能

試作カメラの外観を第14図に、主な仕様を第2表に示す。

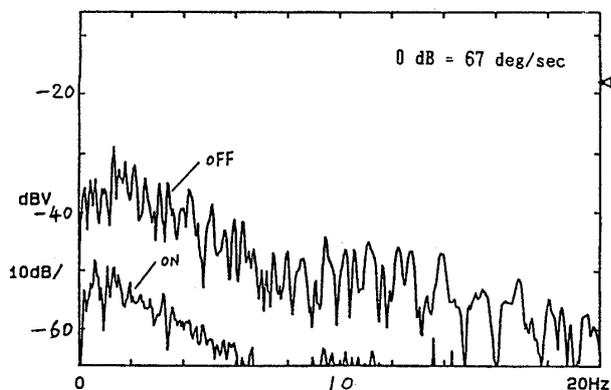
第15図は試作カメラを揺動台に乗せ、揺動周波数を変化させたときの画振れ抑制率を測定したものである。周波数1Hzにおいて、ピッチン

グおよびヨーイング方向とも画振れ抑制率-18 dBの性能が得られた。

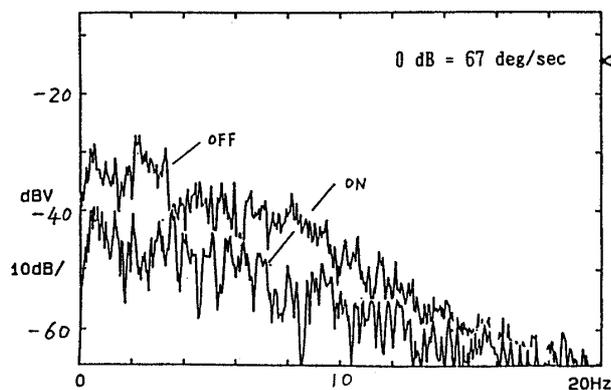
第16図および第17図は画振れ防止機能をOFFまたは、ONにした場合の鏡筒角速度のスペクトル分析結果である。第16図は静止撮影時のピッチング方向の角速度スペクトル、第17図は歩行撮影時のピッチング方向の角速度スペクトルを示す。第16図および第17図より静止撮影、歩行撮影においても安定した撮影画像が得られることが分かる。

最後に、今回試作した画振れ防止機能付カメラの主な特徴を記す。

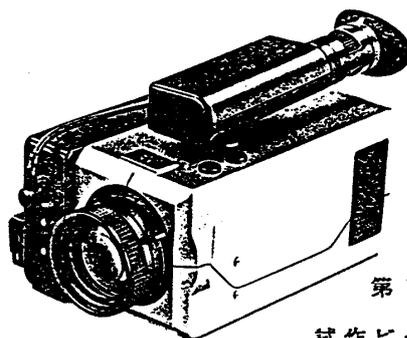
- 1) 画振れの少ない安定した撮影画像
- 2) 円滑なカメラワークを実現したマイコンによる最適制御
- 3) オブザーバ制御による性能の安定化
- 4) 小型・軽量
- 5) 低消費電力



第16図 静止撮影時の角速度スペクトル



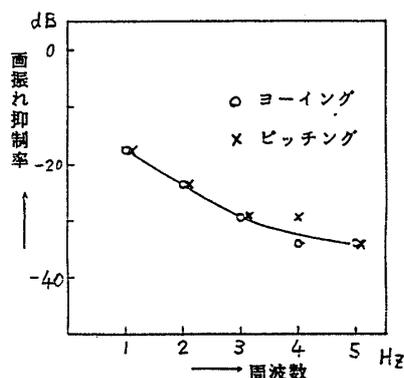
第17図 歩行撮影時の角速度スペクトル



第14図
試作ビデオカメラ

項目	特性
光学系	1/2 インチ 6倍ズーム
画振れ抑制率	-15dB以下 (at 1Hz)
抑制範囲	±1 画面分
消費電力	約1W (画振れ防止機能分)
電源電圧	12V

第2表 試作カメラの仕様



第15図 試作カメラの画振れ抑制率

6. むすび

以上、画振れ防止技術について概要を述べた。今回開発したビデオカメラの画振れ防止技術は、小型・軽量で画像安定性に優れていることから、自動車や船舶等の乗物からの撮影、歩きながらの撮影、あるいは手振れが生じやすい小型ビデオカメラでの撮影を一般の人にも容易にできるようにするものである。

参考文献

- 1) 彦坂他：移動撮像車用テレビカメラ防振装置、NHK技研月報、vol.17, No.4
- 2) 関口他：サーボ式カメラ防振装置、NHK技研月報、vol.27, No.11

松下電器産業(株) 無線研究所 06-908-1291

〒571 門真市大字門真1006番地